

浙江工业大学第十九届数学建模竞赛试题

(请先阅读“浙江工业大学数学建模竞赛规则”)

A. 水下传感器网络的节点部署方案设计

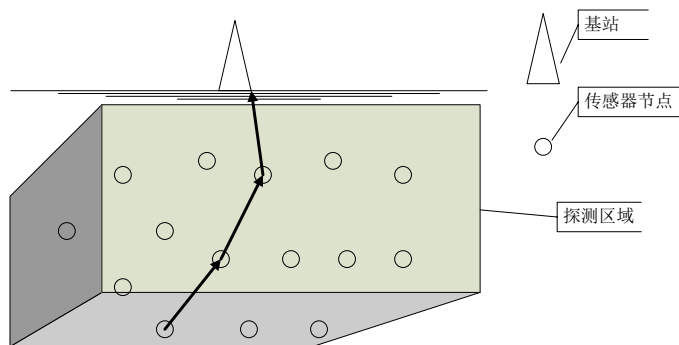
● 背景材料:

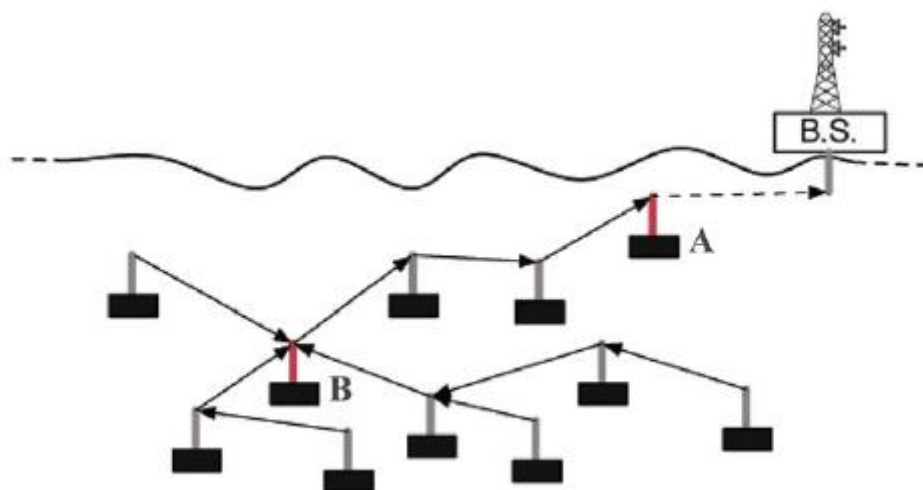
水下无线传感器网络 (Underwater Wireless Sensor Networks, UWSN) 是将低能耗、通信距离受限的节点部署在指定水域中, 利用节点的自组织能力自动组网, 对指定区域内的信息进行采集并完成相应的数据收集和整理。UWSN 在海洋资源勘探、海洋环境监测以及海洋军事领域有着广泛且重要的用途, 已经引起工业界、学术界以及军事界的极大关注。

由于水下环境复杂多变且仅能依靠衰落较快的声波信号传输信息、节点成本高、网络能耗大等原因, 许多传统 WSN 的方法并不适用于 UWSN。水下节点部署研究直接关系到 UWSN 的节点能量、通信带宽、监测信息的准确性, 成为 UWSN 众多研究方向的首要解决问题。合理的节点部署策略可以节约节点资源, 提高网络工作效率, 优化网络资源, 均衡网络能耗, 提高网络生存时间。

● 任务设计要求:

水下传感器网络由基站节点与普通节点组成。其中, 基站节点负责接收来自普通节点的信息, 且通常浮游在海水表面; 普通节点负责采集覆盖区域内的信息并将其以多跳传输的形式发送到基站节点, 通常分布在指定的区域内, 如下图所示。





UWSN 信息传输示意图

在一个容积为 $100\text{m} \times 100\text{m} \times 100\text{m}$ 的正方体海域中，基站（B.S）节点分布在正方体正中央上方。普通节点具有固定的探测半径 20m 和传输半径 30m ，基站节点的感知传输半径为 35m 。普通节点可以采集距离探测半径以内的海洋信息，并与传输半径以内的节点产生通信业务，将采集到的信息以多跳传输的形式传达到海平面的基站节点。请各参赛队伍对该指定区域完成节点部署任务：

1.若要求对 $100\text{m} \times 100\text{m} \times 100\text{m}$ 的正方体海域实现全覆盖，并能将采集获得的信息传输至基站节点，至少需要部署多少个普通节点以及它们的部署位置在什么位置？进一步讨论，如果只需要覆盖正方体海域的 90% 与 80% 时，节点的数量和位置会发生如何的变化。

2. 假设每个普通节点在同一时间只能向一个节点发送信息；每个普通节点也只能在同一时间接收来自另一个普通节点的信息；基站节点可以同时接受多个普通节点发送的信息；每个节点仅能发送包含一个节点监控区域信息的信息量。请就问题(1)得到的节点部署方案，为整个网络规划信息发送方案（即网络开始后，每个传感器何时将监测获取的信息发送至基站）。

3. 每个节点的初始能量为 30J ，当节点能量低于 0.1J 时，认为该节点失效。信息发送的平均时间为 0.1 秒，信息接受的平均时间为 0.1 秒，信息转发的平均时间为 45 微秒。节点发送信息的能耗为 30 毫瓦，节点接收信息的能耗为 20 毫瓦。在考虑传感器节点部署时通常不仅要求满足覆盖性与连通性，节能性也非常重要。在问题(2)的基础上，计算问题(1)所得到的节点部署方案能够在多长时间

实现整个水域的全面检测？如果可以增加普通节点数量或者调整普通节点位置，该如何调整？